Aus der Klinik für Hals-Nasen- und Ohrenkranke der
Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. H. W u l l s t e i n

Die Pneumatisation der Crista galli

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius - Maximilians - Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Franz M u f f e r t
aus Groß-Reken

Würzburg 1956

Aus der Klinik für Hals-Nasen- und Ohrenkranke der
Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. H. W u l l s t e i n

Die Pneumatisation der Crista galli

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius - Maximilians - Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Franz M u f f e r t
aus Groß-Reken

Würzburg 1956

Tag der mündl. Prüfung:
14. März 1956

Referent: Privatdozent Dr. med. Walter K l e y

Korreferent: Professor Dr. med. Horst W u l l s t e i n

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit
gewidmet

Einleitung

Nach früheren Anschauungen galten die verschiedenen Pneumatisationsgrade der lufthaltigen Knochen des menschlichen Schädels als normale anatomische Variante oder als sekundäre Verknöcherung eines schon gebildeten Zellsystems durch ossifizierende Entzündungen.

Wittmaack hat als erster die Bedeutung der lokalen Schleimhautkonstitution hervorgehoben. Auf ihn geht die moderne Pneumatisationslehre zurück. Die Funktion der Schleimhaut ist für die Pneumatisation maßgebend, indem sie durch aktives Wachstum in die Markräume des Knochens eindringt und Knochenwände zur Resorption bringt. Die Fähigkeit der Pneumatisation der Schleimhaut geht parallel der biologischen Wertigkeit der Schleimhaut. Je nach Pneumatisationsgrad unterscheidet man überwertige, normalwertige und minderwertige Schleimhaut. Wittmaack sagt: "Gute Pneumatisation ist normal, schlechte Pneumatisation ist krankhaft". Die minderwertige Schleimhaut sei histologisch durch ihre Hyper- (Wittmaack), und biologisch durch ihre Minderwertigkeit (Albrecht) gekennzeichnet. Die Minderwertigkeit äussere sich in besonderer Empfänglichkeit für banale Infekte. Diese werden aber nicht wie von normaler Schleimhaut mit einer akuten Entzündung beantwortet, sondern führen zu einer chronischen Entzündung.

Die Ansichten über das Zustandekommen der Minderwertigkeit der Schleimhaut sind geteilt. Wittmaack macht eine Schädigung durch latente Entzündungen im Säuglingsalter für die Minderwertigkeit verantwortlich. Von anderen Autoren (Runge, Schea u.a.) wurde die von Wittmaack an zahlreichen Schnittserien durch den menschlichen Warzenfortsatz begründete Entzündungstheorie auch auf die Nasenhöhlen übertragen. Danach soll während der Entwicklungszeit die Schleimhaut der Nebenhöhlen auf entzündliche Reize ansprechen und schliesslich irreversible Schädigungen erfahren. Leichtgradige Entzündungen sollen nur eine Hyperplasie, hochgradige, länger dauernde,

mit Gefässalteration einhergehende Infekte eine Fibrose der Nasenschleimhaut bewirken. Die Schleimhauthyperplasie ihrerseits soll eine Verzögerung, die Fibrose einen völligen Stillstand der Pneumatisation bewirken. Das Ausmaß der Pneumatisationshemmung richte sich dabei nach der Intensität der Schleimhautentzündung, nach der daraus resultierenden Schleimhautform und schliesslich nach dem Zeitpunkt der Alterration.

A l b r e c h t , S c h w a r z u.a. stellen Erbfaktoren in den Vordergrund. Danach soll es sich im wesentlichen um eine angeborene genotypisch bedingte Schleimhautschwäche handeln. Die Folgen sind abef in beiden Fällen gleich. Nach W i t t m a a c k unterscheidet man eine mehr oder weniger hochgradige Pneumatisationshemmung.

Die aktive Rolle bei diesem Geschehen wird also der Schleimhaut eingeräumt, während Knorpel und Knochen im Sinne der angestrebten Höhlenbildung passiv ab- und umgebaut werden.

Verschiedene Autoren (K r a i n z , W a g n e r u.a.) bestreiten die Bedeutung der Schleimhaut für die Pneumatisation und schreiben die formbildenden Kräfte dem Knochen selbst zu.

E c k e r t - M ö b i u s , W e i d e n r e i c h u.a. weisen auf statische und mechanische Faktoren hin. Danach richtet sich die Entfaltung der Pneumatisationsräume allein nach knocheneigenen Gesetzmässigkeiten, d.h. statisch nicht beanspruchter Knochen kann resorbiert werden. Diese Anschauungen basieren auf vergleichenden anatomischen Untersuchungen an den Nasennebenhöhlen verschiedener Tiere und auf histologischen Untersuchungen an pneumatisierten Vogelknochen.

An der Pneumatisation der Schädelknochen kann ausser dem meist symmetrisch angelegten Kiefer - Stirn - Siebbein und Keilbein auch die Crista galli beteiligt sein. An Hand von Röntgenaufnahmen wurde dies häufiger beobachtet und beschrieben. Es hat nun interessiert wie häufig eine pneumatisierte Crista galli vorkommt und von wo diese Pneumatisation ihren Ausgang nimmt.

Anatomische Vorbemerkungen u. Literaturübersicht

Die Lamina cribrosa ossis ethmoidalis bildet einen Teil der vorderen Schädelgrube. Sie stellt eine horizontale vielfach durchlöcherte Platte dar, die den Fasern des Riechnerven, den Ethmoidalnerven und den Ethmoidalgefässen zum Durchtritt in die Schädelgrube dient. In der Medianlinie wird die Lamina cribrosa von einer vertikal stehenden Knochenplatte durchsetzt. Der untere Teil dieser Knochenplatte reicht weit in die Nase hinein und bildet als Lamina perpendicularis einen Teil der knöchernen Nasenscheidewand. Der Teil der oberhalb der Lamina cribrosa liegt erhebt sich als Knochenkamm frei in die vordere Schädelgrube und wird Crista galli genannt. Der Hahnenkamm beginnt hinten niedrig und steigt mit freiem, leicht konkaven, glatten Rand aufwärts gegen die Crista frontalis des Stirnbeines. Kurz bevor er diese erreicht wendet er sich nach unten und endet in zwei Fortsätzen, processus alares, die mit entsprechenden Rauhigkeiten des Stirnbeines das Foramen coecum bilden. Die Lamina cribrosa liegt meist etwas tiefer als die angrenzenden Teile der vorderen Schädelgrube, die vom Stirnbein gebildet werden. Dadurch entsteht eine seichte Grube, die durch die Crista galli geteilt wird. In der anatomischen Nomenklatur besitzt diese Rinne keine besondere Bezeichnung.
G a u p nennt sie entwicklungsgeschichtlich Recessus supracribrosus Von Klinikern (B o e n n i n g h a u s , T o n n d o r f) wird sie als Olfaktoriusgrube bezeichnet. In ihr liegen die Bulbi olfaktorii.
Im in- und ausländischen Schrifttum ist über die Pneumatisation der Crista galli wenig zu finden und spezielle Untersuchungen darüber sind kaum gemacht.
Eine pneumatisierte Crista galli wurde zum ersten Male 1702 von P a l f y n beschrieben. Weitere frühe Aufzeichnungen darüber stammen von H. G r u b e r , Prof. der Anatomie in St. Petersburg. Er beschrieb sie an einem Schädel eines 15 jährigen Knaben: " Die Crista galli ist in ihrem Körper

hohl, seitlich etwas blasig aufgetrieben übrigens von gewöhnlicher Gestalt und Höhe. Die Rinnen an der Lamina cribrosa ,zur Seite derselben, sind 1 mm weit. Die Wände der Blase sind papierblattdünn. Ihre Höhle von längs ovaler Gestalt beginnt gleich hinter dem Canalis cranio nasalis. Dieselbe misst in sagittaler Richtung 1,2 cm, in vertikaler 1 cm und in transversaler 6 mm. Am vordersten Ende der rechten Seitenwand sitzt unten eine vertikal stehende, etwas schräg ein- und rückwärts gekehrte ovale Öffnung, von 4 mm Höhe und 2-3 mm Weite, welche in den rechten Sinus frontalis führt."

In seiner "Skelettlehre" hat G r a f v. S p e e auf folgende Beobachtung hingewiesen. Er schreibt: "Die vorderen Teile der Crista galli sind manchmal kolbig verdickt oder durch im Inneren derselben entstandene Markräume blasig aufgetrieben."

Z u c k e r k a n d e l beschreibt eine pneumatisierte Crista galli die mit der Stirnhöhle in Verbindung steht.

G r ü n w a l d erwähnt bei der Beschreibung der Stirnhöhle, dass sich auch ein Recessus derselben in die Crista galli erstrecken kann und zeigt die Abbildung einer pneumatisierten Crista galli.

B o e n n i n g h a u s glaubte, dass eine pneumatisierte Crista galli nur vorkommt, wenn das Septum interfrontale nicht median steht, sondern nach einer Seite hin abweicht. Die Crista galli steht dann nicht mehr über dem Septum, sondern über der Stirnhöhle, die das Septum interfrontale verdrängt hat. Dabei dehnt sich diese Stirnhöhle bis an die Basis der Crista galli oder selbst in sie hinein aus. Dann wird die Olfactoriusgrube vorne von der erweiterten Stirnhöhle umfasst und springt als schmale, Vertikale und nur von dünnem Knochen bedeckte Leiste dicht über der Mittellinie in die Stirnhöhle vor. Auf die Gefährlichkeit einer derartigen Crista olfactoria bei Operationen hat B o e n n i n g h a u s als erster hingewiesen.

O n o d i hat auf Grund dieser Beobachtungen Untersuchungen angestellt. Er fand, dass eine Pneumatisation der Crista galli nicht unbedingt an eine Verschiebung des Septum interfrontale der Stirnhöhle gebunden ist. Er bezeichnet den schma-

len leistenförmigen Vorsprung der Olfactoriusgrube als Crista olfactoria, die Vorwölbung eines breiteren Teiles als Torus olfactorius, die Ausbuchtung der Stirnhöhle in die Crista galli als Recessus Cristae galli und die direkte Beziehung der Stirnhöhle zur Lamina cribrosa als Recessus paracribrosus. Er fand in 7 Fällen einen Recessus Cristae galli. Dabei stand in 2 Fällen das Septum interfrontale in der Mitte. In 4 Fällen war es mehr oder weniger weit nach links oder rechts abgewichen, während in einem Fall nur eine Stirnhöhle vorhanden war. Er gibt die Abbildung eines Knochenpräparates wieder, bei dem sich der Recessus Cristae galli auf das ganze Gebiet der Crista galli erstreckt und eine aussergewöhnlich grosse Ausbuchtung der Stirnhöhle bildet.

An Hand der Entwicklung des Pneumatisationsvorganges versucht T o n n d o r f zu erklären, dass die Pneumatisation der Crista galli nicht unmittelbar etwas mit dem Abweichen des Septum interfrontale zu tun hat. Nach ihm ist das Septum interfrontale nichts anderes als die Wand, die bei der Pneumatisation der Stirnbeine in der Mitte stehen bleibt. Wachsen beide Stirnhöhlen gleichmässig aus, so wird das Septum median stehen, wachsen sie ungleichmässig aus, so kann es nach der Seite der langsamer wachsenden zu verschoben werden.

Hinter den beiden Stirnbeinen liegt nun die Crista galli, welche von einer Stirnhöhle aus pneumatisiert werden kann. Die Schleimhautausstülpung, welche einen Recessus Cristae galli bildet, verlässt gewissermassen das Stirnbein durch ein Loch an der Hinterwand, um auf einen anderen Knochen, das Os ethmoidale überzugreifen. Das Septum interfrontale braucht dadurch nicht im geringsten in Mitleidenschaft gezogen werden. Da sich aber in der Pneumatisation der Crista galli offenbar eine besondere Ausbreitungstendenz der betreffenden Stirnhöhle kundtut, wird es allerdings häufig vorkommen, dass sie auch die Oberhand über ihre langsamer wachsende benachbarte Höhle gewinnt und das Septum interfrontale verdrängt.

Die Pneumatisation der Crista galli kann aber auch von den

Siebbeinzellen ausgehen. V. E i k e n zeigte und beschrieb Schädelpräparate bei denen Siebbeinzellen an der Pneumatisation der Crista galli beteiligt waren. Ferner berichtete er, dass es ihm schon öfter gelungen sei in guten Röntgenbildern die Pneumatisation der Crista galli darzustellen.

M a r x erwähnte in seinem Referat "Fehler und Gefahren bei Eingriffen des oto-rhinologischen Praktikers", dass die Crista galli ungefähr in 10% aller Fälle pneumatisiert ist. Er ist auch der Ansicht, dass eine Verbiegung des Septum interfrontale der Stirnhöhle zum Zustandekommen der Pneumatisation der Crista galli nicht unbedingt erforderlich ist wie man früher angenommen hat. Auch in seinem Referat: "Über Fehler und Gefahren bei Nasen- und Ohrenoperationen" geht M a r x auf die Pneumatisation der Crista galli ein. Er erwähnt, dass in den Fällen, die er sah, bei einer pneumatisierten Crista galli ausserdem meist auch eine Bulla frontalis des Siebbeins vorhanden war, wodurch die Verhältnisse noch komplizierter wurden. Auf die Gefahren die damit verbunden sein können weisst er mit Nachdruck hin. Er zeigt 2 Schädelaufnahmen, welche die Kommunikation der Crista galli einmal mit der Stirnhöhle, das andere Mal mit dem Siebbein veranschaulichen.

In seiner Dissertation: "Die Pneumatisation der Crista galli im Röntgenbild" hat G e b h a r d anhand von mehr als Tausend Röntgenaufnahmen der Würzburger HNO-Klinik die Pneumatisation der Crista galli studiert. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Crista galli in 10,18% aller Fälle pneumatisiert ist. Er berichtet ferner, dass in der Mehrzahl der pneumatisierten Fälle (92%) ein gut entwickeltes pneumatisiertes System vorliegt und eine Verbiegung des Septum interfrontale der Stirnhöhle nicht obligatorisch ist.

Material und Methodik

Das Material für meine Untersuchungen gewann ich im Pathologischen Institut der Universität Würzburg. Bei der Gewinnung der Präparate war ich bestrebt die Lamina cribrosa mit der Crista galli und einem Teil der angrenzenden Knochen im Zusammenhang zu erhalten, damit die normale Topographie einigermassen erhalten blieb.
Ferner habe ich die Schädelsammlung des Würzburger Anatomischen Instituts, soweit sie für diese Untersuchungen zugänglich war, auf eine pneumatisierte Crista galli hin untersucht.

Eigene Untersuchungen

a) Von der Schädelsammlung des Anatomischen Instituts waren 75 Schädel einer Untersuchung auf eine pneumatisierte Crista galli zugänglich. Von diesen zeigten 10 eine mehr oder weniger ausgedehnte Pneumatisation der Crista galli. Das sind 13%.
In 7 Fällen stand der Recessus Cristae galli mit einer Stirnhöhle und in 3 Fällen mit einer Siebbeinzelle in Verbindung.
Unter 7 Fällen, die mit einer Stirnhöhle kommunizierten fehlte einmal das Septum interfrontale der Stirnhöhle und 2 mal stand es in der Mitte.
Die Lamina cribrosa lag in den pneumatisierten Fällen 5-7 mm tiefer als das Niveau der vorderen Schädelgrube. Bei den nicht pneumatisierten Fällen lag sie nur 2-4 mm tiefer.
Soweit es zu beurteilen war, waren auch die übrigen Nebenhöhlen gut bis sehr gut entwickelt. Bei 2 Schädeln mit einer pneumatisierten Crista galli war auch das Felsenbein einzusehen. Hierbei war eine ausgedehnte mittel- bis grosszellige Pneumatisation des Felsenbeines vorhanden.
Die eigenen Fälle sind in einer Tabelle zusammengestellt und sollen mit einigen Bildern im Folgenden wiedergegeben werden.

Anzahl der Cristae galli	Niveau-untersch. Lamina cr. zur vord. Schädelgr.	Maße der Cr. galli			Ausgangsort der Pneumatisat.	Stand des Septum interfront.	Ausbild. des übr. pneumat. Systems
		Höhe	Breite	Länge			
1	6 mm	7mm	5mm	8mm	Stirnhöhle	Mitte	gut
1	7 mm	12mm	6mm	10mm	Stirnhöhle	verbogen	gut
1	6 mm	12mm	7mm	14mm	Stirnhöhle	Mitte	sehr gut
1	6 mm	14mm	7mm	10mm	Stirnhöhle	verbogen	sehr gut
1	5 mm	9mm	7mm	6mm	Stirnhöhle	verbogen	sehr gut
x 1	7 mm	12mm	4mm	14mm	Stirnhöhle	-	gut
1	7 mm	15mm	6mm	9mm	Siebbeinz.	Mitte	gut
xx 1	6 mm	10mm	6mm	8mm	Siebbeinz.	-	mäßig
7	3 mm	9mm	3mm	7mm	-	verbogen	gut
9	2 mm	7mm	4mm	6mm	-	Mitte	mäßig
11	4 mm	11mm	4mm	10mm	-	Mitte	mäßig
3	1 mm	10mm	2mm	9mm	-	verbogen	mäßig
17	3 mm	12mm	4mm	11mm	-	Mitte	gut
5	2 mm	8mm	3mm	10mm	-	verbogen	mäßig
8	3 mm	9mm	2mm	6mm	-	verbogen	mäßig
7	2 mm	11mm	3mm	9mm	-	verbogen	mäßig
3	3 mm	6mm	4mm	5mm	-	Mitte	mäßig

x kein Septum interfrontale vorhanden

xx nur eine Stirnhöhle vorhanden

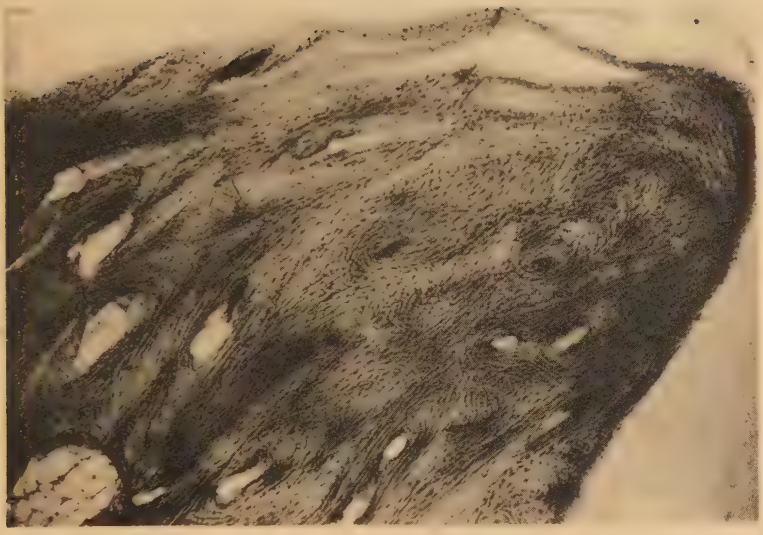

Abbildung Nr. 1
nicht pneumatisierte kompakte Cr. galli

Abbildung Nr. 2
nicht pneumatisierte Cr. galli mit Fett- und rotem Mark

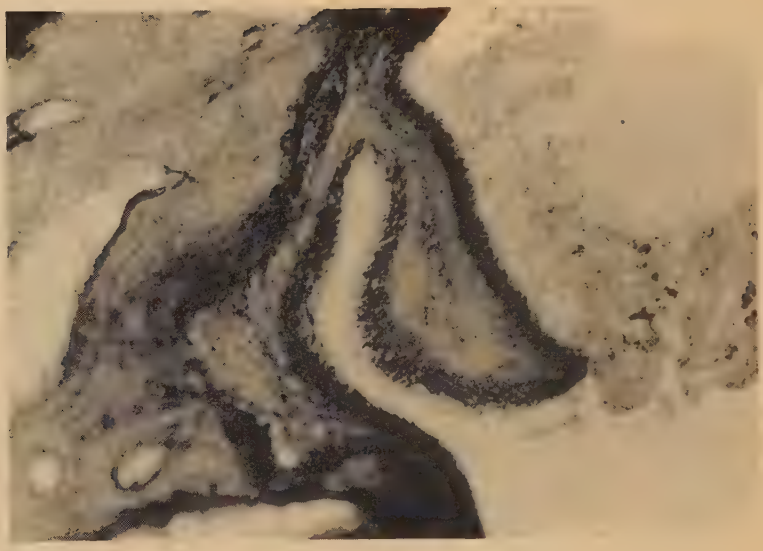

Abbildung Nr. 3
pneumatisierte Cr. galli mit Schleimhautfalte

Abbildung Nr. 4
pneumatisierte Cr. galli mit räumlicher Beziehung zur Stirnhöhle und Siebbeinzelle

Abbildung Nr. 1 zeigt den Schnitt einer nicht pneumatisierten Crista galli. Man erkennt deutlich den typischen Bau eines lamellären Knochens mit H a v e r s schen Systemen, Schaltlamellen, S h a r p e y schen Fasern und an der Oberfläche mehr geflechtartigen Knochen. Einzelne Hohlräume nahe der Basis enthalten Fettmark.

Abbildung Nr. 2 Es handelt sich ebenfalls um eine nicht pneumatisierte Crista galli bei der der kompakte Knochen durch zahlreiche Markräume aufgelockert ist. Diese Markräume enthalten neben Fettmark auch rotes Knochenmark mit Blutbildungsherden.

Abbildung Nr. 3 zeigt den Schnitt durch eine pneumatisierte Crista galli. Man erkennt einen von Schleimhaut ausgekleideten Hohlraum. Die Schleimhaut besteht aus einer meist dünnen Bindegewebeschicht, ist von einem mehr schichtigen Zylinderepithel bedeckt, welche stellenweise Becherzellen zu enthalten scheint. An 2 Stellen schickt die Schleimhaut 2 Zapfen weit in den Hohlraum hinein. In diesem Bezirk findet sich eine Auflagerung auf der Schleimhautoberfläche von Erythrozyten und abgeschilfertem Epithel. Das subepitheliale Bindegewebe ist hier deutlich verdickt. Die Gefässe sind hier auch etwas erweitert und enthalten an 2 Stellen deutlich Leukozyten. Während im Bereich der zarten dünnen Schleimhaut häufig Flimmerhärchen nachweisbar sind, sind solche im Bereich der kleinen polypösen Vorwölbungen nicht zu erkennen. In einem weiteren pneumatischen Hohlraum unterhalb der Crista galli (Siebbeinzelle) findet sich eine erhebliche Schleimhautverdickung. Das subepitheliale Bindegewebe erscheint völlig infiltriert, die Gefässe sind erweitert, z.T. prall mit Erythrozyten gefüllt. An den Knochenbälkchen sieht man in diesem Bereich Abbauvorgänge.

Abbildung Nr. 4 Hierbei handelt es sich ebenfalls um den Schnitt einer pneumat. Crista galli, auf der neben dem Recessus Cristae galli noch Teile der Stirnhöhle u. einer Siebbeinzelle zu sehen sind. Die Schleimhaut in den 3 Hohlräumen gleicht derjenigen in Abbildung Nr.3 beschriebenen.

b) 82 Fälle konnte ich im Pathologischen Institut auf eine pneumatisierte Crista galli hin untersuchen. In 4 Fällen handelte es sich dabei um Kinder unter 16 Jahren, die für eine Beurteilung entfielen, weil bis zu diesem Alter das pneumatische System des Schädels noch nicht voll ausgebildet ist.
Somit bleiben 78 Fälle, die für eine Beurteilung in Frage kommen. Insgesamt wiesen von diesen 78 untersuchten Cristae galli 8 eine Pneumatisation auf. Es können also frühere Untersuchungen bestätigt werden, dass eine pneumatisierte Crista galli in ungefähr 10% aller Fälle vorkommt.
Bei den 8 pneumatisierten Cristae galli bestand 6 mal eine Verbindung mit einer Stirnhöhle und 2 mal eine Verbindung mit einer Siebbeinzelle. Danach scheint eine Kommunikation mit einer Stirnhöhle besonders häufig zu sein. Doch kommen auch Verbindungen der pneumatisierten Crista galli mit einer Siebbeinzelle vor wie 2 meiner Fälle zeigen. Auch in der Literatur ist eine pneumatisierte Crista galli die mit einer Siebbeinzelle in Verbindung steht beschrieben.
(v. E i c k e n).
Betrachtet man in den Fällen mit pneumatisierter Crista galli das gesamte übrige pneumatische System des Schädels, so findet sich nur in einem Fall ein mässig entwickeltes pneumatisches System. In den übrigen Fällen ist es gut bis sehr gut entwickelt.
Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch G e b h a r d t in seiner Disseration, in der er die Häufigkeit einer pneumatisierten Crista galli anhand von Röntgenaufnahmen studierte. Er fand, dass bei 177 Fällen mit Pneumatisation der Crista galli in 164 Fällen (=92%) auch eine gute Entwicklung des übrigen pneumatischen Systems des Schädels vorlag. Nur 13 Fälle wiesen eine mässige Pneumatisation auf.
Achtet man in den pneumatisierten Fällen auf das Septum interfrontale der Stirnhöhlen, so zeigt sich in 4 Fällen eine Deviation nach links oder rechts. 3 mal steht es in der Mitte und in einem Fall fehlt das Septum interfrontale überhaupt. G e b h a r d t fand, dass das Septum interfrontale nur in 95 Fällen (53%) seines untersuchten Materials verbogen war. Daraus ist ersichtlich, dass eine Verbiegung des Septums für

das Zustandekommen einer pneumatisierten Crista galli nicht unbedingt notwendig ist.
B o e n n i n g h a u s glaubte, dass eine pneumatisierte Crista galli nur vorkommt, wenn das Septum interfrontale nicht median steht. O n o d i und T o n n d o r f fanden in späteren Untersuchungen, dass eine Pneumatisation der Crista galli nicht immer an eine Verbiegung des Septum interfrontale gebunden ist.
Ferner möchte ich darauf hinweisen, dass in allen Fällen mit pneumatisierter Crista galli die Lamina cribrosa 5-8 mm tiefer lag als das Niveau der vorderen Schädelgrube. In den nicht pneumatisierten Fällen betrug der Niveauunterschied nur 2-4 mm.
Die Form der Crista galli, die äusserst variabel ist, wies in allen pneumatisierten Fällen ein Merkmal auf, nämlich eine breite Basis an der Berührungsfläche mit der Lamina cribrosa. All die obengenannten Besonderheiten machen bei operativen Eingriffen in diesem Bereich eine besondere Vorsicht notwendig.
B o e n n i n g h a u s sprach in diesem Zusammenhang vom "gefährlichen Stirnbein".
Histologisch fanden sich 2 Formen der Crista galli.
1. Die nicht pneumatisierte Crista galli. Sie besteht aus kompaktem Knochen mit mehr oder weniger starkem spongiösen Bau.
2. Die pneumatisierte Crista galli. In diesen Fällen findet sich in dem Cavum eine Schleimhaut, die der Schleimhaut der Nebenhöhle gleicht, von der die Pneumatisation ihren Ausgang genommen hat. Sie zeigt ein ein- bis mehrschichtiges Flimmerepithel mit zahlreichen Becherzellen. Darauf folgt eine strukturlose Basalmembran und dann eine bindegewebige Lamina propria. Eingestreut finden sich mehr oder weniger zahlreiche Rundzellen.
In einem Präparat sind mehrere Schleimhautfalten, die in das Lumen der pneumatisierten Crista galli hineinragen.

Besprechung der Ergebnisse.

Beim Vergleich der Ergebnisse über die Häufigkeit einer pneumatisierten Crista galli zwischen dem Material aus dem Pathologischen und Anatomischen Institut fällt auf, dass der Prozentsatz bei der Schädelsammlung des Anatomischen Instituts etwas höher liegt. Von den obengenannten Untersuchungen und von meiner Arbeit her wissen wir nun, dass eine Pneumatisation der Crista galli fast nur bei guter Ausbildung des übrigen pneumatischen Systems des Schädels vorkommt. In der Schädelsammlung sind aber nun eine Reihe Schädel vorhanden, die eben wegen ihrer guten Ausbildung des pneumatischen Systems gesammelt wurden. Die Schädelsammlung stellt somit keinen normalen Durchschnitt dar, und das etwas häufigere Vorkommen einer pneumatisierten Crista galli in der Schädelsammlung ist wohl dadurch bedingt.
Der Theorie von W i t t m a a c k folgend, die der Schleimhaut eine aktive Rolle bei dem Pneumatisationsvorgang zuschreibt, möchte ich annehmen, dass die Pneumatisation der Crista galli von einer Stirnhöhle oder von einer Siebbeinzelle ausgeht. Dabei ist der Ausgangsort in 2/3 der Fälle eine Stirnhöhle. In den restlichen Fällen steht die pneumatisierte Crista galli mit einer Siebbeinzelle in Verbindung.
Eine Verbiegung des Septum interfrontale der Stirnhöhlen wie es B o e n n i n g h a u s für das Zustandekommen einer Pneumatisation der Crista galli als notwendig hielt, ist nicht unbedingt erforderlich, wie auch aus den Arbeiten von O n o d i und G e b h a r d t hervorgeht. Doch wird sie sich häufig finden, weil sich darin eine besonders intensive Ausbreitung der Schleimhaut einer Stirnhöhle gegenüber der anderen kundtut, (T o n n d o r f) die dann schließlich auch zu einer Pneumatisation der Crista galli führen kann.

Vergleicht man das übrige pneumatische System des Schädels bei den pneumatisierten und nicht pneumatisierten Cristae galli, so zeigt sich, dass in den pneumatisierten Fällen fast immer eine gute bis sehr gute Ausbildung des übrigen pneumatischen Systems vorliegt, während in den nicht pneumatisierten Fällen eine gute Ausbildung des pneumatischen Systems bei

weitem nicht so häufig ist. Zu diesem Ergebnis kam auch G e b h a r d t in seiner Arbeit. Man kann somit sagen, dass eine pneumatisierte Crista galli einen gewissen Ausdehnungsgrad des übrigen pneumatischen Systems voraussetzt.

Eine ausgedehnte Pneumatisation des Stirn- und Siebbeins ist auch wohl die Ursache, dass in den Fällen einer pneumatisierten Crista galli die Lamina cribrosa tiefer liegt als in den nicht pneumatisierten Fällen. Dabei hat die pneumatisierende Schleimhaut die an die Lamina cribrosa angrenzenden Knochenteile der vorderen Schädelgrube in diese hinein vorgewölbt. Dadurch kommt dann die Lamina cribrosa relativ tiefer zu liegen.
Die Form der Crista galli hat auch eine gewisse Bedeutung für den Pneumatisationsvorgang. In allen pneumatisierten Fällen hatte sie eine breite Basis und damit eine grosse Kontaktfläche mit dem Stirn- und Siebbein, was für eine Pneumatisation wichtig zu sein scheint.
Ist nun eine Pneumatisation der Crista galli vorhanden, so sind die Berührungsflächen mit der Dura und indirekt mit dem Frontallappen des Gehirns bedeutend grösser. So ist es klar, dass die Pneumatisation der Crista galli in der Ätiologie der durch Nebenhöhlenaffektionen bedingten intrakraniellen Komplikationen eine wichtige Rolle spielen kann und praktisch von grosser Bedeutung werden kann, zumal die Knochenlamelle, die den Schleimhautüberzug des Recessus Cristae galli von der Dura trennt, häufig nur papierdünn ist, was logischerweise den Durchbruch eines Prozesses in das Endokranium in hohem Masse begünstigen kann.
Gegen traumatische Einflüsse besitzen diese sehr dünnen Wande natürlich auch nur geringe Widerstandsfähigkeit, sodass von einer verletzten Crista galli oder Lamina cribrosa auch einmal eine Meningitis ihren Ausgang nehmen kann.
Die dargelegten Verhältnisse sind aber nicht nur theoretisch interessant, sondern auch klinisch von Wichtigkeit. Bei bestehenden Nebenhöhlen-Affektionen kann die pneumatisierte Crista galli auch mitbeteiligt sein, wie dies G e b h a r d t anhand von Untersuchungen an über 1000 Röntgenaufnahmen der Nebenhöhlen der Würzburger HNO-Klinik gezeigt hat. Wenn der

Prozentsatz einer Beteiligung der Crista galli an entzündlichen Nebenhöhlenprozessen auch nicht sehr hoch ist, so ist aber dennoch diese Möglichkeit stets in Erwägung zu ziehen, da unter Umständen nach einer Nebenhöhlenaffektion bei weiter bestehenden Kopfschmerzen die Crista galli noch infiziert sein kann, selbst wenn die anderen Nebenhöhlen bereits abgeheilt sind. Diese Möglichkeit besteht vor allem dann, wenn sich in der pneumatisierten Crista galli polypöse Wucherungen und Schleimhautfalten befinden. Dass solche Schleimhautfalten in einer pneumatisierten Crista galli vorkommen, zeigt eines meiner Präparate (Abbildung Nr. 3)
Bei Stirnhöhlenoperationen, Siebbeinoperationen und anderen endonasalen Eingriffen ist eine pneumatisierte Crista galli ebenfalls zu beachten. Wenn bei einer Stirnhöhlenoperation eine vorhandene Crista olfactoria für eine gewöhnliche Crista der Stirnhöhle gehalten wird und ein Recessus Cristae galli für eine gewöhnliche Ausbuchtung, kann bei dem Versuch der Glättung der Stirnhöhlenwand das Endokranium in diesem Bereich eröffnet werden.
B o e n n i n g h a u s sprach in solchen Fällen von einem "gefährlichen Stirnbein".
Da im Falle einer pneumatisierten Crista galli die Knochenwände in den einzelnen Sinus meist besonders dünn sind, besteht schon bei einer Resection des Nasenseptums die Gefahr einer Verletzung der Lamina cribrosa- Gegend und damit die Gefahr einer Meningitis. Vor allem dann, wenn auch Riechnervenfasern verletzt oder herausgerissen wurden.
Auch bei einer Sondierung der Stirnhöhle kann es aufgrund der aufgezeigten anatomischen Verhältnisse zu einer Fraktur oder Perforation dieser Gegend und damit zu einer Meningitis kommen, die auch heute noch in der antibiotischen Ära eine sehr ernste Komplikation darstellt.

Zusammenfassung

Anhand von Untersuchungen im Pathologischen Institut und im Anatomischen Institut der Universität Würzburg wird über die Häufigkeit und über den Ausgangsort der Pneumatisation der Crista galli berichtet. Untersucht wurden 75 Schädel aus der

Schädelsammlung des Anatomischen Instituts und 78 Fälle im Pathologischen Institut.
Es zeigt sich, dass die Crista galli in 10% aller Fälle pneumatisiert ist.
Die Pneumatisation nimmt in rund 2/3 der Fälle ihren Ausgang von der Schleimhaut einer Stirnhöhle. In den übrigen Fällen von einer Siebbeinzelle.
Eine Verbiegung des Septum interfrontale der Stirnhöhle ist für eine Pneumatisation nicht obligatorisch, doch wird sie häufig angetroffen, weil sie als Zeichen für einen besonders intensiven Ausdehnungsdrang der Schleimhaut dieser Stirnhöhle angesehen werden kann.
Bei Pneumatisation der Crista galli lag die Lamina cribrosa immer 5-7 mm tiefer als das Niveau der vorderen Schädelgrube. In den nicht pneumatisierten Fällen betrug dieser Niveauunterschied nur 2-4 mm.
In allen Fällen bis auf einen, bei dem nur eine mässige Ausdehnung des pneumatischen Systems des Schädels bestand, fand sich eine gute bis sehr gute Ausdehnung des übrigen pneumatischen Systems.
Auf die klinische Bedeutung einer pneumatisierten Crista galli wird hingewiesen.

Herrn Privatdozenten Dr. med. W. K l e y möchte ich an dieser Stelle für die liebenswürdige Überlassung des Themas und seine gütigen Ratschläge bei der Durchführung der Arbeit und Herrn Prof. Dr. med. H. W u l l s t e i n für die Übernahme des Korreferates meinen ergebensten Dank aussprechen.

Ferner danke ich Herrn Prof. Dr. med. E. K i r c h und Herrn Prof. Dr. med. K. N e u b e r t für die freundliche Erlaubnis, die Untersuchungen in ihren Instituten durchzuführen.

Literatur

B o e n n i n g h a u s : Gefährliche Stirnbeine, Hand-Buch der spez. Chirurgie des Ohres usw. 2. Aufl. Bd. III S. 169.

E i c k e n , v.: Sitzung der Berliner oto-laryngologischen Gesellschaft v. 17. Jan. 1936. Zbl. HNO- Heilk. 27.88 (1937).

G e b h a r d : Die Pneumatisation der Crista galli im Röntgenbild, Inaugural- Dissertation Würzburg 1953

G r u b e r : Anatomische Notizen. Virchows Arch. 65.11 (1875)

G r ü n w a l d : Handbuch der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Bd. I, Abb. 64, S. 71. Berlin: Springer.

K r a e m e r : Über Meningitis nach Siebbeineiterung. Passow- Schäfers Beitr. 12,145.

E. L ü s c h e r : Lehrbuch d. HNO-Heilkunde Springer 1952.

M a r x : Die Nasenheilkunde in Einzeldarstellungen, I.Liefg. Bau und Funktion der Nase, S. 18 Jena: G. Fischer 1949.

M a r x : Über Fehler und Gefahren bei Nasen- und Ohrenoperationen. Arch. Ohr- usw. Heilk. u. Z. Hals- usw. Heilk. 158, 1 (1955)

M a r x : Referat bei der schweizerischen Rhino-otologischen Gesellschaft in Bern im Sept. 1951: Fehler und Gefahren bei Eingriffen desoto-rhinologischen Praktikers.

O l t e r s d o r f : Die Wachstumskräfte und die formalen Vorgänge der normalen und pathologischen Pneumatisation des Gesichtsschädels. Universitäts HNO-Klinik Tübingen 1953.

O n o d i : Über einige chirurgisch wichtige Formverhältnisse der Stirnhöhle usw. Arch. f. Laryng. 27,126 (1913).

S p e e, v. : Skelettlehre, Zweite Abt. Kopf, S. 224.

T o n n d o r f : Zur Anatomie der Lamina cribrosa und der Crista olfactoria. Passow- Schäfers Beitr . 23.654

Z u c k e r k a n d l : Normale und pathologische Anatomie der Nasenhöhle und ihrer pneumatischen Anhänge, Bd. I.S.59 Wien: Wilhelm Braumüller 1893.

M u r a t o r i : Excerpta Medica Chapter one Croß Anatomie 1947.

Lebenslauf

Am 5. April 1927 wurde ich, Franz M u f f e r t , in Groß-Reken, Westf. als Sohn des Malermeisters Adolf Muffert geboren. Nach 6jährigem Besuch der Volksschule kam ich auf das Gymnasium in Coesfeld. Dort legte ich im Jahre 1949, nach mehrjähriger Unterbrechung der Schulzeit durch Wehrdienst und Kriegsgefangenschaft, die Reifeprüfung ab. 1950 begann ich meine vorklinischen Semester an der Phil.-Theol.- Hochschule Bamberg. Noch im selben Jahre wechselte ich zur Universität Würzburg über und legte dort 1952 das Physikum ab. Alle klinischen Semester verbrachte ich in Würzburg, wo ich im Juni 1955 das mediz. Staatsexamen bestand. Seit August 1955 bin ich an der Med. Universitäts-Klinik Würzburg tätig.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und ausser der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benutzt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe.

Franz Muffert

RUDOLF BAEHR DRUCK- UND WERBETECHNIK
WÜRZBURG